

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] the 1st phase shift mask in which the light transmission section and the phase shift section were formed -- this -- the 1st phase shift mask the 2nd phase shift mask which was made to reverse the location of the light transmission section and the phase shift section, and was formed -- using -- this -- the phase shift exposure approach characterized by carrying out multiplex exposure by at least two exposure with exposure with the 1st phase shift mask, and exposure with the 2nd phase shift mask.

[Claim 2] The phase shift exposure approach according to claim 1 that a phase shift mask is characterized by forming the light transmission section and the phase shift section by turns.

[Claim 3] The phase shift exposure approach according to claim 1 or 2 that the phase shift section is characterized by forming EB resist as a phase shift ingredient.

[Claim 4] the 1st phase shift mask in which the light transmission section and the phase shift section were formed -- this -- the production approach of the phase shift mask characterized by the 1st phase shift mask producing at least two phase shift masks with the 2nd phase shift mask which was made to reverse the location of the light transmission section and the phase shift section, and was formed from the same reticle.

[Claim 5] The production approach of a phase shift mask according to claim 4 that the phase shift section is characterized by forming EB resist as a phase shift ingredient.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Industrial Application]** This invention relates to the production approach of the phase shift mask which can be used for the phase shift exposure approach and this exposure approach. The phase shift exposure approach of this invention can be used as the exposure approach in the case of being able to use as various kinds of techniques for pattern formation, for example, forming various patterns, such as a resist pattern, in a semiconductor device manufacture process.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** The processing dimension tends to make what forms a pattern using a photo mask, for example, a semiconductor device etc., make it detailed every year. In order to raise the resolution further for such a background in the technique of the FORISOGURA fee which obtains the semiconductor device made detailed, the phase shift technique attracts attention. A phase shift technique gives phase contrast to the light which penetrates a mask, and, thereby, improves a profile on the strength [ optical ].

**[0003]** About the conventional phase shift technique, JP,58-173744,A, MARC D.LEVENSON others -- "Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, Vol.ED-29 No.12 and DECEMBER 1982 and P1828-1836 -- moreover MARC D.LEVENSON others -- "The Phase-Shifting Mask II: Imaging Simulations and Submicrometer Resist Exposures" same magazine Vol.ED-31, No.6, JUNE 1984, and P753-763 have a publication.

**[0004]** Moreover, it has the predetermined pattern formed in the area pellucida and the opaque section, a phase member is prepared at least in one side of the area pellucida of the both sides which sandwich the opaque section, and the phase shift mask considered as the configuration which produces phase contrast in the area pellucida of these both sides is indicated by JP,62-50811,B.

**[0005]** It is as follows, when what is called the Levenson mold among the phase shift techniques known conventionally is taken for an example and this is explained using drawing 22. for example, when performing pattern formation of Rhine - and - tooth space, the usual conventional mask is shown in drawing 22 (a) -- as -- the transparence substrates 1 top, such as a quartz substrate, -- Cr (chromium) -- in addition to this, the protection-from-light section 10 is formed using the ingredient of protection-from-light nature, such as a metal and a metallic oxide, this forms the repeat pattern of Rhine - and - tooth space, and it is considering as the mask for exposure. As Sign aluminum shows to drawing 22 (a), the luminous-intensity distribution which penetrated this mask for exposure is zero in the place of the protection-from-light section 10 ideally, and is penetrated in other parts (transparency sections 12a and 12b). Considering one transparency section 12a, by the diffraction of light etc., the transmitted light given to exposed material becomes the optical intensity distribution which have the Oyama-like maximum in the skirt of both sides, as shown to drawing 22 (a) in A2. The alternate long and short dash line showed transmitted light A2' in the direction of transparency section 12b. When the light from each transparency sections 12a and 12b is doubled, as shown in A3, optical intensity distribution lose sharpness, dotage of the image by the diffraction of light produces them, and it becomes

impossible to attain sharp exposure after all. On the other hand, as alternately shown at drawing 22 (b) on the transparency sections 12a and 12b of the light of the above-mentioned repeat pattern, it is phase shift section 11a (called a shifter). SiO<sub>2</sub> ingredients, such as a resist, use -- having -- if it prepares, dotage of the image by the diffraction of light will be negated by the phase reversal, a sharp image will be imprinted, and resolution and focal tolerance will be improved. That is, if phase shift section 11a is formed in one transparency section 12a and it gives the phase shift which is 180 degrees as shown in drawing 22 (b), the light which passed along this phase shift section 11a will be reversed as a sign B1 shows. Since the light from \*\*\*\*\* transparency section 12b does not pass along phase shift section 11a in it, this reversal is not produced. The light reversed mutually negates mutually the light given to exposed material in the location shown in drawing by B-2 at the skirt of the optical intensity distribution, and distribution of the light given to exposed material after all becomes a sharp ideal configuration, as shown to drawing 22 (b) in B3.

[0006] In the above-mentioned case, if the most certain in this effectiveness, it is most advantageous to make it reverse 180 degrees of phases to close, but for that, it is,

$$D = \frac{\lambda}{2(n-1)}$$

(n is the refractive index of the formation ingredient of the phase shift section, and lambda is exposure wavelength) Phase shift section 11a which carried out film formation by Thickness D is prepared.

[0007] The phase shift mask to which the phase of light is shifted in the adjacent light transmission section which was mentioned above (180 degrees is ideally reversed) is called the spatial-frequency modulation mold (or Levenson mold). In addition, although there are various kinds of things which are called an edge enhancement mold, the protection-from-light effectiveness emphasis mold, etc. in a phase shift mask and the thing (called the chromium loess type etc.) of formation which does not have the protection-from-light section is also in this, the phase shift section to which a phase is shifted is prepared in a part of part [ at least ] by which all penetrate exposure light.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although \*\*\*\* can also be formed in the technique of doping matter from which the phase shift section is formed by forming the ingredient to which a phase is shifted etc., or a refractive index is changed to a light transmission ingredient, generally light transmittance does not necessarily become larger than the transparency section anyway. Although it is good ideally for both the phase shift section and light transmission sections to also have 100% of light transmittance, it is usually difficult. This problem is remarkable when using EB resist as a phase shift ingredient especially. SOG is used for drawing 5 (a) and it is SiO<sub>2</sub>. A shifter is formed, Rhine and a tooth space are formed using this, and the case where the condition near an ideal is acquired is shown. On the other hand, the case where an ingredient with low permeability is used for a phase shift ingredient at drawing 5 (b) is shown.

[0009] It is advantageous on a mask production process to use EB resist as a phase shift ingredient.

[0010] the phase shift mask forming method learned conventionally hereafter -- SiO<sub>2</sub> etc. -- the case where EB resist is made into the phase shift section with the so-called hard shifter made into the phase shift section is explained.

[0011] If it is in formation of a hard shifter, protection-from-light ingredient 10', such as Cr, is formed on the transparence substrates 1, such as glass (for example, quartz glass). EB resist (positive type) 2a is formed ( drawing 6 ), this EB resist is exposed by EB drawing, and it is referred to as fusible part 21a ( drawing 7 ), and a resist is developed, protection-from-light ingredient 10' (Cr etc.) is etched ( drawing 8 ), resist exfoliation is carried out, and the protection-from-light section 10 is formed on a substrate 1 ( drawing 9 ).

[0012] Subsequently, the shifter material 3 (phase shift ingredient), such as SOG, is formed on it,

EB resist 2b (negative mold) is formed further (drawing 10), it exposes by EB drawing again, insoluble section 21b is formed (drawing 11), resist development is carried out (drawing 12), the shifter material 3 is etched (drawing 13), resist exfoliation is carried out, and the pattern-like phase shift section 30 is formed (drawing 14). The phase shift mask which has the light transmission section 12, the protection-from-light section 10, and the phase shift section 11 by this as shown in drawing 14 is obtained.

[0013] On the other hand, when making EB resist into a shifter, protection-from-light ingredient 10' is first formed on a substrate 1 similarly. Form EB resist 2a of a negative mold (drawing 15), and expose by EB drawing and fusible part 21a is formed (drawing 16). The structure where carried out resist development, etched protection-from-light ingredient 10' (drawing 17), carried out resist exfoliation, and the protection-from-light section 10 was formed on the substrate 1 is acquired. Next, the negative-mold EB resist 2 is formed (drawing 19), it exposes by EB drawing, insoluble section 2a is formed and (drawing 20) developed, and the phase shift section 20 by the resist pattern is formed (drawing 21). This obtains the phase shift mask which has the light transmission section 12, the protection-from-light section 10, and the phase shift section 11.

[0014] As mentioned above, if mineral matter, such as SOG currently examined as shifter material, is used, a mask manufacture process, such as a spin coat of shifter material and etching (naturally an anisotropy is desirable), is complicated, but if shifter material is made into EB resist as compared with this, it is possible to manufacture a phase shift mask comparatively easily.

[0015] However, since EB resist has the low transmission of light, if the photoresist of a positive type is exposed using this width of face L1 of the tooth space by which patterning was carried out with the light from the transparency section which does not pass along a shifter as ideally shown in drawing 5 (a) Width of face L3 of the tooth space by which patterning was carried out with the light which passes along the phase shift section which penetrated the shifter Although it should be the same Like drawing 5 (b), width-of-face L3' of the tooth space by which patterning was carried out with the light of shifter transparency will become narrow, and width-of-face L2' of Rhine between tooth spaces will also shift from a design. Thus, the width of face of opening opens alternately and is a problem very much at application to a real device.

[0016] If it is a phase shift ingredient with each same about a phase shift ingredient with low light transmittance, and light transmittance smaller than the light transmission section (for example, quartz part) although the above was explained taking the case of EB resist, such a problem will be produced in a certain form.

[0017]

[Objects of the Invention] This invention solves the trouble of the above-mentioned conventional technique, also in the technique which forms the phase shift section with a phase shift ingredient with low light transmittance (shifter material), tends to offer the phase shift exposure approach it was made for the problem by light transmittance, such as fluctuation of pattern width of face, being low not to produce, and tends to offer \*\* and the production approach of the phase shift mask used for this.

[0018]

[Means for Solving the Problem] the 1st phase shift mask with which invention of claim 1 of this application formed the light transmission section and the phase shift section -- this -- the 1st phase shift mask the 2nd phase shift mask which was made to reverse the location of the light transmission section and the phase shift section, and was formed -- using -- this -- with exposure with the 1st phase shift mask By at least two exposure with exposure with the 2nd phase shift mask; it is the phase shift exposure approach characterized by carrying out multiplex exposure, and this attains the above-mentioned purpose.

[0019] Invention of claim 2 of this application is the phase shift exposure approach according to claim 1 that a phase shift mask is characterized by forming the light transmission section and the phase shift section by turns, and, thereby, attains the above-mentioned purpose.

[0020] Invention of claim 3 of this application is the phase shift exposure approach according to claim 1 or 2 that the phase shift section is characterized by forming EB resist as a phase shift ingredient, and, thereby, attains the above-mentioned purpose.

[0021] the 1st phase shift mask with which invention of claim 4 of this application formed the light transmission section and the phase shift section -- this -- the 1st phase shift mask It is the production approach of the phase shift mask characterized by producing at least two phase shift masks with the 2nd phase shift mask which was made to reverse the location of the light transmission section and the phase shift section, and was formed from the same reticle, and this attains the above-mentioned purpose.

[0022] Invention of claim 5 of this application is the production approach of a phase shift mask according to claim 4 that the phase shift section is characterized by forming EB resist as a phase shift ingredient, and, thereby, attains the above-mentioned purpose.

[0023]

[Function] As mentioned above, as for the light if permeability is generally low and surely EB resist makes this into shifter material, after, as for the low shifter material of such permeability of a certain thing, the effectiveness that a phase shift mask formation process is easy, and raises contrast will also pass a shifter, reinforcement falls. For this reason, when a shifter with the low transmission like such a resist shifter is used for Rhine and a tooth-space pattern, for example, for example, the Levenson mold phase shift method was applied and a positive type is used for a photoresist, as shown in drawing 5 (b), opening of the wafer corresponding to the shifter section becomes thin. Conversely, if a negative mold is used, by the reason line breadth becomes thin, a problem will be aggravated further.

[0024] On the other hand, according to this invention, the above-mentioned problem is solvable by creating one more mask which made arrangement of a shifter reverse, and exposing twice the wafer which is exposed material.

[0025] Usually, when creating a phase shift mask like drawing 1 (a), for example, negative resist is used for EB resist of the shifter section, and EB drawing of the part to leave as a shifter is carried out. If negatives are developed, the part which was not drawn melts and will not remain. The mask with which the location of a shifter reversed the completely same thing completely with the first mask when EB resist of a positive type was used this time is done (drawing 1 (b)). In this way, using the 2nd made mask, if the wafer which is exposed material is exposed twice, finally a wafer etc. will be exposed by equal optical reinforcement.

[0026]

[Example] The example of this invention is explained with reference to a drawing below. In addition, this invention is not limited by the example although it is natural.

[0027] In example 1 this example, according to the process shown by drawing 15 - drawing 21, the phase shift section 20 was formed by EB resist, and two phase shift masks shown in drawing 1 (a) and (b) were formed. Here, SEL-N552 which is the SOMAR styrene system resist was used. In addition, OEBR-100 (Tokyo adaptation) which contains CMS-EX(S) containing chloromethylation styrene, (TOSOH), and poly glycidyl methacrylate as a negative-mold EB resist which can be used suitably, SAL-601-ER7 (SHIPUREI), etc. can be mentioned. Moreover, the SHIMYU rate of the case where 0.40-micrometer Rhine and a tooth-space pattern are exposed by i line was carried out here. The simulation result is shown in drawing 2 - drawing 4. The monograph affair in which it used for simulation count is shown below.

$\lambda=365\text{nm}$ ,  $\text{NA}=0.50$ ,  $\sigma=0.5$ ,  $\text{Focus}=\text{Best Focus}$ , shifter permeability = 50% [0028] Drawing 2 expresses the optical reinforcement IA at the time of using the mask shown in the optical reinforcement IB and drawing 1 (a) of exposure by the usual approach (a phase shift method is not used). Although the optical reinforcement of both sides without a shifter is increasing to be sure according to the phase shift effectiveness, the optical reinforcement of a center with a shifter has become weaker conversely. Drawing 3 expresses similarly the optical reinforcement from the mask (the mask of drawing 1 (a), and mask which the shifter section has reversed) of drawing 1 (b). Although the location was changed, the inclination is completely the same as drawing 2. Drawing 4 is considering the comparison with the case where exposure and the shifter of 100% of permeability are usually used as what added two optical reinforcement. It turns out that the light from the mask of drawing 1 (a), and this and the light from drawing 1 (b) which the shifter section has reversed carry out the complementation mutually, and are the light of the three almost same reinforcement. If suitable light exposure is chosen according to the

permeability of a shifter, it will be understood that effectiveness equivalent to the phase shift mask of high permeability is acquired. In addition, the part in which the thin point was given to and the phase shift ingredient was formed is shown among drawing 1, and the part in which hatching was performed and protection-from-light ingredients, such as Cr, were formed is shown.

[0029] Since the 2nd mask should just use the same EB data, the production process is the same as the 1st sheet. That is, in this example, the mask of drawing 1 (b) which reversed only the shifter section was created with the same EB data using the same reticle (mask original recording) as having produced the mask of drawing 1 (a).

[0030] Above, although SOG which is EB resist and the example of representation of a hard shifter has been explained to an example, if the light source short-wavelength-izes with KrF laser and ArF laser, also although it is called SOG, it is known that permeability will fall. In the semantics of the cure against low light transmittance of not only EB resist but a shifter, this invention is effective also in the phase shift method of a hard shifter mold, and can be used.

[0031]

[Effect of the Invention] According to this invention, also in the technique which forms the phase shift section with a phase shift ingredient with low light transmittance (shifter material), the phase shift exposure approach it was made for the problem by light transmittance, such as fluctuation of pattern width of face, being low not to produce; and the production approach of the phase shift mask used for this can be offered.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-83032

(43)公開日 平成6年(1994)3月25日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7369-2H		
7/20	5 2 1	9122-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 0 1 P
		7352-4M		3 1 1 W
審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 8 頁)				

(21)出願番号 特願平4-255792

(22)出願日 平成4年(1992)8月31日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 上澤 史且

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 弁理士 高月 亨

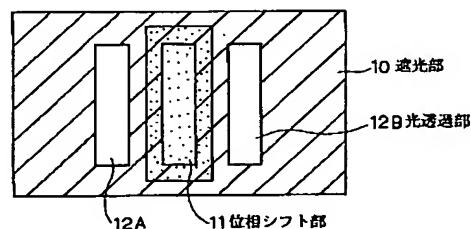
(54)【発明の名称】 位相シフト露光方法及び位相シフトマスクの作製方法

(57)【要約】

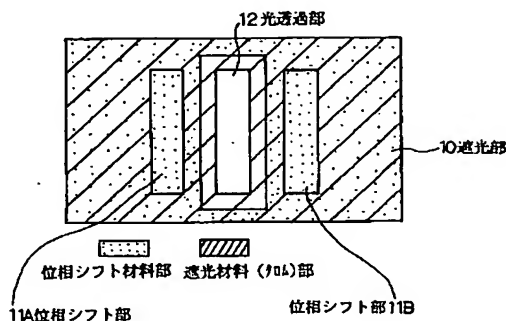
【目的】 光透過率の低いシフター材により位相シフト部を形成する技術においても、パターン幅の変動などの光透過率が低いことによる問題の生じないようにした位相シフト露光方法及びこれに用いる位相シフトマスクの作製方法を提供する。

【構成】 ①光透過部12A、12Bと、EBレジスト等から成る位相シフト部11とを形成した第1の位相シフトマスク(a)と、該第1の位相シフトマスクとは、光透過部と位相シフト部との位置を反転させて形成した第2の位相シフトマスク(b)とを用い、該第1の位相シフトマスクによる露光と、第2の位相シフトマスクによる露光との少なくとも2度の露光によって多重露光する位相シフト露光方法。②上記①の2つの位相シフトマスクを、同一のレチクルより作製する位相シフトマスクの作製方法。

(a) 実施例1の位相シフトマスク(a)



(b) 実施例1の位相シフトマスク(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光透過部と、位相シフト部とを形成した第1の位相シフトマスクと、

該第1の位相シフトマスクとは、光透過部と位相シフト部との位置を反転させて形成した第2の位相シフトマスクとを用い、

該第1の位相シフトマスクによる露光と、第2の位相シフトマスクによる露光との少なくとも2度の露光によって多重露光することを特徴とする位相シフト露光方法。

【請求項2】位相シフトマスクが、光透過部と位相シフト部とが交互に形成されたものであることを特徴とする請求項1に記載の位相シフト露光方法。

【請求項3】位相シフト部が、EBレジストを位相シフト材料として形成されたことを特徴とする請求項1または2記載の位相シフト露光方法。

【請求項4】光透過部と、位相シフト部とを形成した第1の位相シフトマスクと、

該第1の位相シフトマスクとは、光透過部と位相シフト部との位置を反転させて形成した第2の位相シフトマスクとの、少なくとも2つの位相シフトマスクを、同一のレチクルより作製することを特徴とする位相シフトマスクの作製方法。

【請求項5】位相シフト部が、EBレジストを位相シフト材料として形成されたことを特徴とする請求項4に記載の位相シフトマスクの作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、位相シフト露光方法、及び該露光方法に使用できる位相シフトマスクの作製方法に関する。本発明の位相シフト露光方法は、各種のパターン形成用技術として利用することができ、例えば半導体装置製造プロセスにおいてレジストパターン等の各種パターンを形成する場合の露光方法として利用することができる。

## 【0002】

【従来の技術】フォトマスクを利用してパターンを形成するもの、例えば半導体装置等は、その加工寸法が年々微細化させる傾向にある。このような背景で、微細化した半導体装置を得るフォトリソグラフィの技術において、その解像度を更に向上させるため、位相シフト技術が注目されている。位相シフト技術は、マスクを透過する光に位相差を与え、これにより光強度プロファイルを改善するものである。

【0003】従来の位相シフト技術については、特開昭58-173744号公報や、MARC D. LEVENSON 他 "Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, Vol. ED-29 No.

12, DECEMBER 1982, P1828~1836、また、MARC D. LEVENSON 他 "The Phase-Shifting Mask II: Imaging Simulations and Submicrometer Resist Exposures" 同誌 Vol. ED-31, No. 6, JUNE 1984, P753~763に記載がある。

【0004】また、特公昭62-50811号には、透明部と不透明部とで形成された所定のパターンを有し、不透明部をはさむ両側の透明部の少なくとも一方に位相部材を設け、該両側の透明部に位相差を生ずる構成とした位相シフトマスクが開示されている。

【0005】従来より知られている位相シフト技術の内、レベンソン型と称されるものを例にとり、これについて、図22を利用して説明すると、次のとおりである。例えばライン・アンド・スペースのパターン形成を行う場合、通常の従来のマスクは、図22(a)に示すように、石英基板等の透明基板1上に、Cr(クロム)やその他金属、金属酸化物などの遮光性の材料を用いて遮光部10を形成し、これによりライン・アンド・スペースの繰り返しパターンを形成して、露光用マスクとしている。この露光用マスクを透過した光の強度分布は、図22(a)に符号A1で示すように、理想的には遮光部10のところではゼロで、他の部分(透過部12a, 12b)では透過する。1つの透過部12aについて考えると、被露光材に与えられる透過光は、光の回折などにより、図22(a)にA2で示す如く、両側の裾に小山状の極大をもつ光強度分布になる。透過部12bの方の透過光A2'は、一点鎖線で示した。各透過部12a, 12bからの光を合わせると、A3に示すように光強度分布はシャープさを失い、光の回折による像のぼけが生じ、結局、シャープな露光は達成できなくなる。これに対し、上記繰り返しパターンの光の透過部12a, 12bの上に、1つおきに図22(b)に示すように位相シフト部11a(シフターと称される。SiO<sub>2</sub>やレジストなどの材料が用いられる)を設けると、光の回折による像のぼけが位相の反転によって打ち消され、シャープな像が転写され、解像力や焦点裕度が改善される。即ち、図22(b)に示す如く、一方の透過部12aに位相シフト部11aが形成されると、それが例えば180°の位相シフトを与えるものであれば、該位相シフト部11aを通った光は符号B1で示すように反転する。それに隣合う透過部12bからの光は位相シフト部11aを通らないので、かかる反転は生じない。被露光材に与えられる光は、互いに反転した光が、その光強度分布の裾において図にB2で示す位置で互いに打ち消し合い、結局被露光材に与えられる光の分布は図22(b)にB3で示すように、シャープな理想的な形状になる。

【0006】上記の場合、この効果を最も確実にしめるには位相を180°反転させることが最も有利である



が、このためには、

$$D = \frac{\lambda}{2(n-1)}$$

( $n$ は位相シフト部の形成材料の屈折率、 $\lambda$ は露光波長)なる膜厚 $D$ で膜形成した位相シフト部11aを設ける。

【0007】上述したような、隣り合う光透過部で光の位相をシフト(理想的には180°反転)させる位相シフトマスクは、空間周波数変調型(あるいはレベンソン型)と称されている。その他、位相シフトマスクには、エッジ強調型、遮光効果強調型などと称されるような各種のものが、この中には遮光部を有さない形成のもの(クロムレスタイプなどと称されている)もあるが、いずれも、露光光を透過する部分の少なくとも一部には位相をシフトさせる位相シフト部が設けられている。

【0008】

【発明が解決しようとする問題点】位相シフト部は、位相をシフトさせる材料を成膜すること等により形成され、あるいは光透過材料に屈折率を変化させるような物質をドーピングするような手法によっても形成できるが、いずれにしても、一般的には、光透過率が必ずしも透過部より大きくならない。理想的には、位相シフト部も、光透過部とともに100%の光透過率があると良いのであるが、通常は困難である。特に、位相シフト材料として、EBレジストを用いる場合、この問題が顕著である。図5(a)に、SOGを用いてSiO<sub>2</sub>シフターを形成して、これを用いてラインアンドスペースを形成し、理想に近い状態を得た場合を示す。これに対し図5(b)に位相シフト材料に透過率の低い材料を用いた場合を示す。

【0009】EBレジストを位相シフト材料として用いることは、マスク製造工程上有利である。

【0010】以下、従来知られている位相シフトマスク形成法について、SiO<sub>2</sub>等を位相シフト部とするいわゆるハードシフターと、EBレジストを位相シフト部とする場合について、説明する。

【0011】ハードシフターの形成にあつては、ガラス(例えば石英ガラス)等の透明基板1上にCr等の遮光材料10'を形成し、EBレジスト(ポジ型)2aを形成し(図6)、EB描画により該EBレジストを露光して可溶部21aとし(図7)、レジストを現像して遮光材料10'(Cr等)をエッチングし(図8)、レジスト剥離して、基板1上に遮光部10を形成する(図9)。

【0012】次いでその上にSOG等のシフター材3(位相シフト材料)を形成し、更にEBレジスト2b(ネガ型)を形成し(図10)、再びEB描画により露光して不溶部21bを形成し(図11)、レジスト現像し(図12)、シフター材3をエッチングして(図13)、レ

ジスト剥離し、パターン状の位相シフト部30を形成する(図14)。これにより、図14に示すように光透過部12と、遮光部10と、位相シフト部11とを有する位相シフトマスクが得られる。

【0013】一方、EBレジストをシフターとする場合、まず同様に基板1上に遮光材料10'を形成し、ネガ型のEBレジスト2aを形成し(図15)、EB描画で露光して可溶部21aを形成し(図16)、レジスト現像して遮光材料10'をエッチングし(図17)、レジスト剥離して基板1上に遮光部10が形成された構造を得、次にネガ型EBレジスト2を形成し(図19)、EB描画で露光して不溶部2aを形成し(図20)、現像してレジストパターンによる位相シフト部20を形成する(図21)。これにより、光透過部12と、遮光部10と、位相シフト部11とを有する位相シフトマスクを得る。

【0014】上記のように、シフター材として検討されているSOG等の無機物質を用いると、シフター材のスピンコート、エッチング(当然異方性が望ましい)等マスク製作プロセスが複雑であるが、これに比して、シフター材をEBレジストにすると、比較的容易に位相シフトマスクを製作することが可能である。

【0015】しかし、EBレジストは光の透過率が低いため、これを用いて例えばポジ型のフォトレジストを露光すると、理想的には図5(a)に示すようにシフターを通らない透過部からの光でパターンニングされたスペースの幅 $L_1$ と、シフターを透過した位相シフト部を通る光でパターンニングされたスペースの幅 $L_3$ とが同じであるべきものの、図5(b)のように、シフター透過の光でパターンニングされたスペースの幅 $L_3'$ が狭くなり、スペース間のラインの幅 $L_2'$ も設計からずれてしまう。このように、開口部の幅が互い違いに開いてしまい、実デバイスへの応用には極めて問題である。

【0016】上記は、EBレジストを例にとりて説明したが、光透過率が低い位相シフト材料についてはいずれも同様であり、光透過部(例えば石英部分)よりも光透過率の小さい位相シフト材料であれば、このような問題は何らかの形で生ずるものである。

【0017】

【発明の目的】本発明は上記従来技術の問題点を解決して、光透過率の低い位相シフト材料(シフター材)により位相シフト部を形成する技術においても、パターン幅の変動などの光透過率が低いことによる問題の生じないようにした位相シフト露光方法を提供しようとするものであり、また、これに用いる位相シフトマスクの作製方法を提供しようとするものである。

【0018】

【問題点を解決するための手段】本出願の請求項1の発明は、光透過部と、位相シフト部とを形成した第1の位相シフトマスクと、該第1の位相シフトマスクとは、光透過部と位相シフト部との位置を反転させて形成した第

2の位相シフトマスクとを用い、該第1の位相シフトマスクによる露光と、第2の位相シフトマスクによる露光との少なくとも2度の露光によって多重露光することを特徴とする位相シフト露光方法であり、これにより上記目的を達成するものである。

【0019】本出願の請求項2の発明は、位相シフトマスクが、光透過部と位相シフト部とが交互に形成されたものであることを特徴とする請求項1に記載の位相シフト露光方法であり、これにより上記目的を達成するものである。

【0020】本出願の請求項3の発明は、位相シフト部が、EBレジストを位相シフト材料として形成されたことを特徴とする請求項1または2に記載の位相シフト露光方法であり、これにより上記目的を達成するものである。

【0021】本出願の請求項4の発明は、光透過部と、位相シフト部とを形成した第1の位相シフトマスクと、該第1の位相シフトマスクとは、光透過部と位相シフト部との位置を反転させて形成した第2の位相シフトマスクとの、少なくとも2つの位相シフトマスクを、同一のレチクルより作製することを特徴とする位相シフトマスクの作製方法であり、これにより上記目的を達成するものである。

【0022】本出願の請求項5の発明は、位相シフト部が、EBレジストを位相シフト材料として形成されたことを特徴とする請求項4に記載の位相シフトマスクの作製方法であり、これにより上記目的を達成するものである。

#### 【0023】

【作用】前述したようにEBレジストは一般に透過率が低く、確かにこれをシフター材とすると位相シフトマスク形成工程が容易であり、また、コントラストを上げる効果もあるものの、このような透過率の低いシフター材は、シフターを通過した後の光は強度が下がる。このため例えばラインアンドスペースパターンにこのようなレジストシフターの如き透過率の低いシフターを用いて例えばレベンソン型位相シフト法を適用すると、フォトレジストにポジ型を用いた場合、図5(b)に示したようにシフター部に対応するウェハの開口部は細くなる。逆にネガ型を用いれば線幅が細くなるわけで、一層問題は深刻化する。

【0024】これに対し、本発明によれば、シフターの配置を逆にしたマスクをもう一枚作成し、被露光材であるウェハ等を2度露光することにより、上記の問題を解決することができる。

【0025】通常、例えば図1(a)のような位相シフトマスクを作成する場合、シフター部のEBレジストに例えばネガ型レジストを使い、シフターとして残したい部分をEB描画する。現像すれば描画されなかった部分は溶けて残らない。全く同じことを今度は例えばポジ型

のEBレジストを用いた場合、最初のマスクとはシフターの位置が完全に反転したマスクができあがる(図1(b))。こうして作られた2枚目のマスクを用いて、被露光材であるウェハ等を2度露光すれば最終的にウェハ等は均等な光強度で露光される。

#### 【0026】

【実施例】以下本発明の実施例について、図面を参照して説明する。なお当然のことではあるが、本発明は実施例により限定されるものではない。

#### 【0027】実施例1

本実施例では、図15～図21で示した工程に従って、EBレジストにより位相シフト部20を形成し、図1(a)、(b)に示す2枚の位相シフトマスクを形成した。ここではソマル製のスチレン系レジストであるSEL-N552を用いた。その他好適に使用できるネガ型EBレジストとして、クロロメチル化スチレンを含むCMS-EX(S)(東ソー)、ポリグリシジルメタアクリレートを含むOEBR-100(東京応化)、またSAL-601-ER7(シプレイ)などを挙げるができる。また、ここでは、 $0.40\mu\text{m}$ ラインアンドスペースパターンをi線で露光した場合をシミュレートした。そのシミュレーション結果を図2～図4に示す。シミュレーション計算に用いた各条件を以下に示す。

$$\lambda = 365\text{ nm}$$

$$\text{NA} = 0.50$$

$$\sigma = 0.5$$

$$\text{Focus} = \text{Best Focus}$$

$$\text{シフター透過率} = 50\%$$

【0028】図2は通常の(位相シフト法を用いない)方法での露光の光強度IBと図1(a)に示すマスクを用いた場合の光強度IAを表している。シフターがない両側の光強度は位相シフト効果により確かに増しているが、シフターがある中央の光強度は逆に弱まっている。同様に図3は図1(b)のマスク(図1(a)のマスクとシフター部が反転しているマスク)からの光強度を表している。位置は入れ替わっているが傾向は図2と全く同じである。図4は、2つの光強度を足し合わせたものと、通常露光及び透過率100%のシフターを用いた場合との比較をしている。図1(a)のマスクからの光と、これとシフター部が反転している図1(b)からの光とが相補し合って、3本のほぼ同じ強度の光になっていることがわかる。シフターの透過率に応じて適切な露光量を選べば、高透過率の位相シフトマスクと同等の効果が得られることが理解されよう。なお図1中、細点を施して位相シフト材料が形成された部分を示し、ハッチングを施してCr等の遮光材料が形成された部分を示す。

【0029】2枚目のマスクは同じEBデータを用いられよいので、作製プロセスは1枚目と同じである。即ち、本実施例では、図1(a)のマスクを作製したのと

同じレチクル（マスク原盤）を用いて、同じEBデータにより、シフター部のみ反転した図1（b）のマスクを作成した。

【0030】以上EBレジストと、ハードシフターの代表例であるSOGを例に説明してきたが、光源がKrFレーザ、ArFレーザと短波長化すれば、SOGといえども透過率は落ちることが知られている。EBレジストに限らずシフターの低光透過率対策という意味では本発明はハードシフター型の位相シフト法においても有効であり、利用できるものである。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、光透過率の低い位相シフト材料（シフター材）により位相シフト部を形成する技術においても、パターン幅の変動などの光透過率が低いことによる問題の生じないようにした位相シフト露光方法、及びこれに用いる位相シフトマスクの作製方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1で用いた1枚目の位相シフトマスク（a）及び実施例1で用いた2枚目の位相シフトマスク（b）（位相シフトマスク（a）とはシフター部が反転している）の構成図である。

【図2】位相シフトマスク（a）の光強度分布を比較の場合とともに示す図である。

【図3】位相シフトマスク（b）の光強度分布を比較の場合とともに示す図である。

【図4】位相シフトマスク（a）及び位相シフトマスク（b）を併用した場合の作用を説明する光強度分布図である。

【図5】従来技術の問題点を示す図である。

【図6】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（1）。

【図7】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（2）。

【図8】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（3）。

【図9】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（4）。

【図10】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（5）。

【図11】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（6）。

【図12】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（7）。

【図13】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（8）。

【図14】従来の位相シフトマスク（ハードシフター）の形成工程を示す図である（9）。

【図15】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（1）。

【図16】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（2）。

【図17】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（3）。

【図18】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（4）。

【図19】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（5）。

【図20】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（6）。

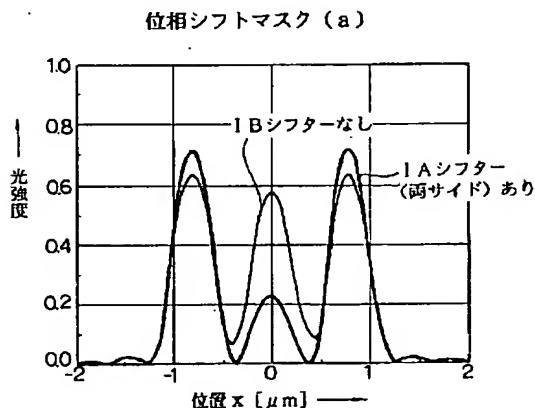
【図21】従来の位相シフトマスク（EBレジストシフター）の形成工程を示す図である（7）。

【図22】位相シフトマスクの原理説明図である。

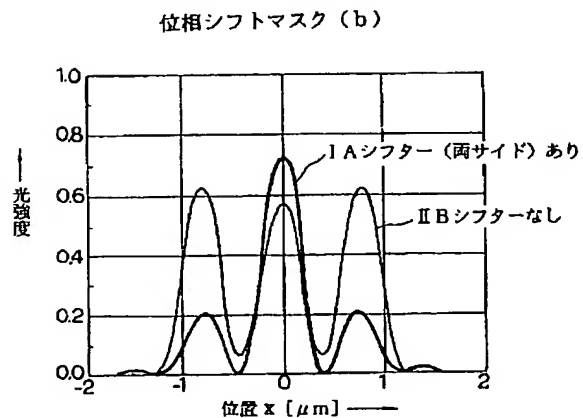
【符号の説明】

- 10 遮光部  
11, 11A, 11B 位相シフト部  
12, 12A, 12B 光透過部

【図2】

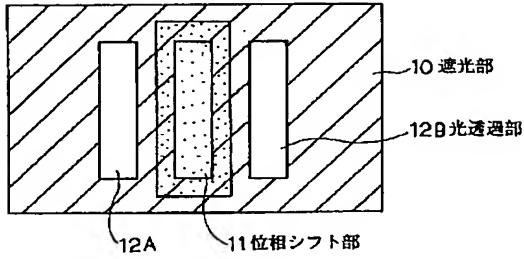


【図3】

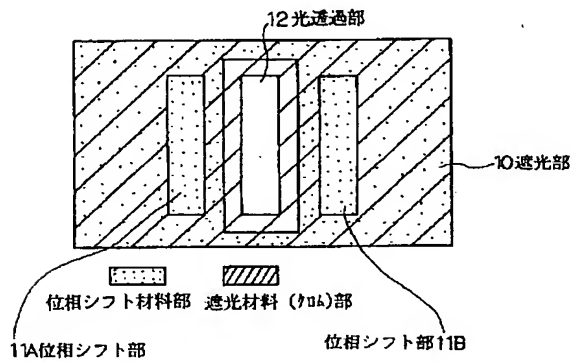


【図1】

(a) 実施例1の位相シフトマスク(a)

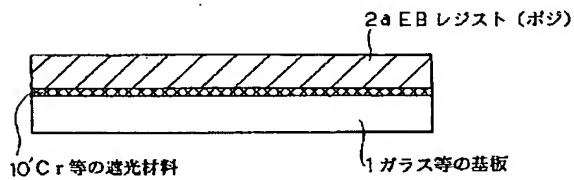


(b) 実施例1の位相シフトマスク(b)



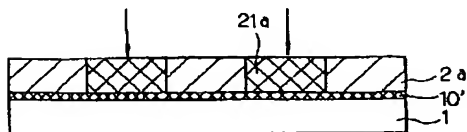
【図6】

ハードシフターの形成工程(1)



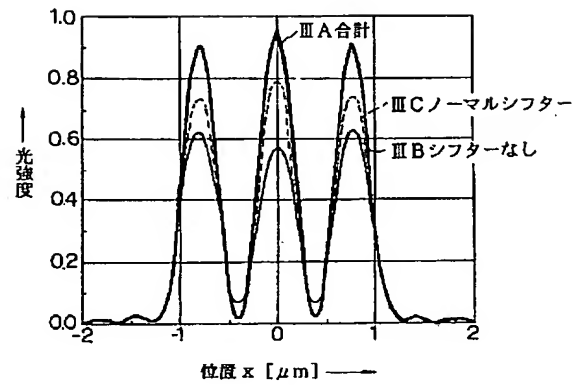
【図7】

ハードシフターの形成工程(2)



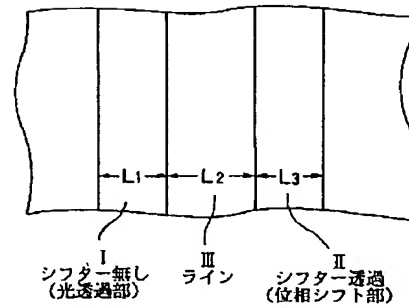
【図4】

作用説明

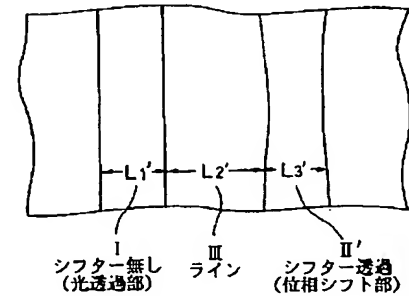


【図5】

(a) 理想状態

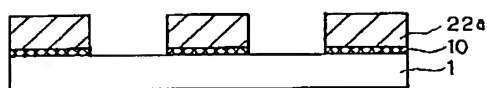


(b) シフターの透過率が低い状態



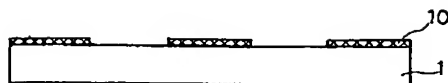
【図8】

ハードシフターの形成工程(3)



【図9】

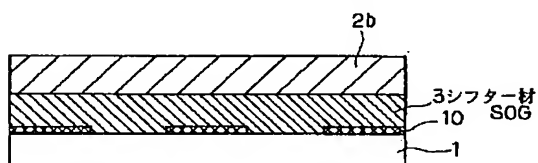
ハードシフターの形成工程(4)



【図11】

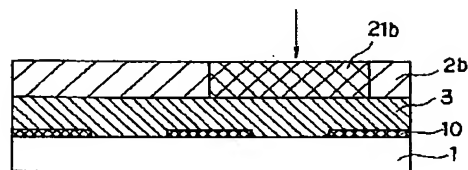
【図10】

ハードシフターの形成工程(5)



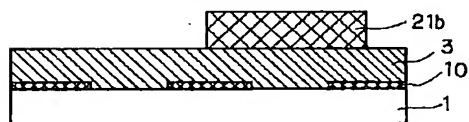
【図12】

ハードシフターの形成工程(6)



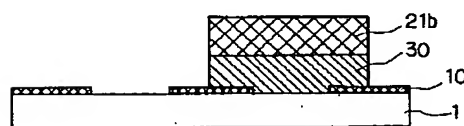
【図13】

ハードシフターの形成工程(7)



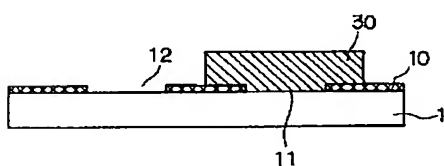
【図14】

ハードシフターの形成工程(8)



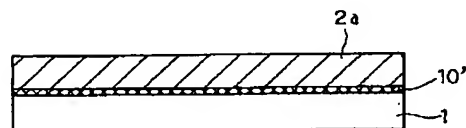
【図15】

ハードシフターの形成工程(9)



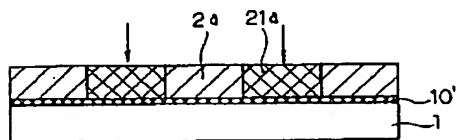
【図16】

EBレジストシフターの形成工程(1)



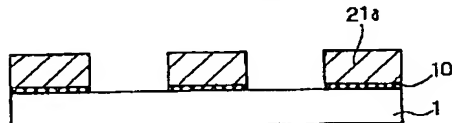
【図17】

EBレジストシフターの形成工程(2)



【図18】

EBレジストシフターの形成工程(3)

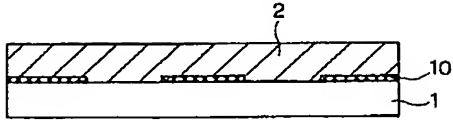


EBレジストシフターの形成工程(4)



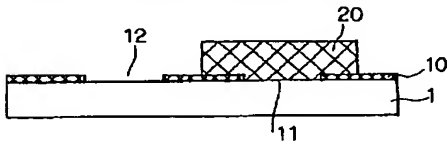
【図19】

EBレジストシフターの形成工程(5)



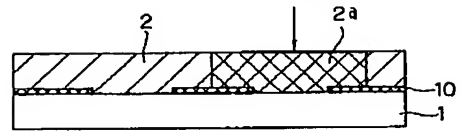
【図21】

EBレジストシフターの形成工程(7)



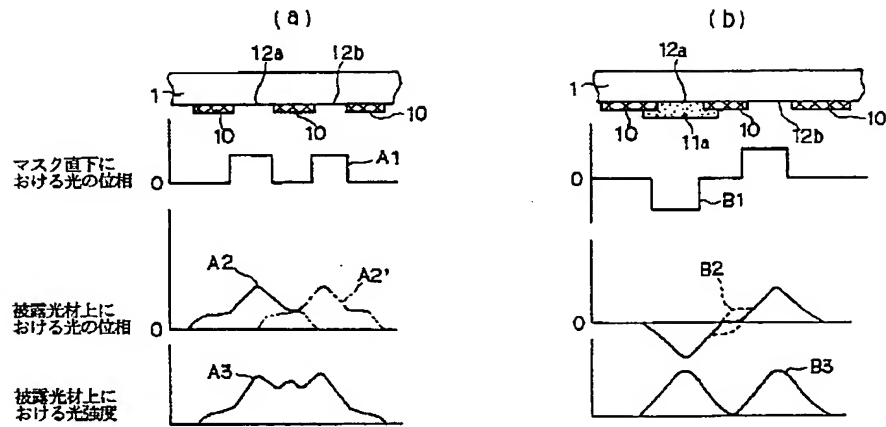
【図20】

EBレジストシフターの形成工程(6)



【図22】

位相シフトマスクの原理



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**